



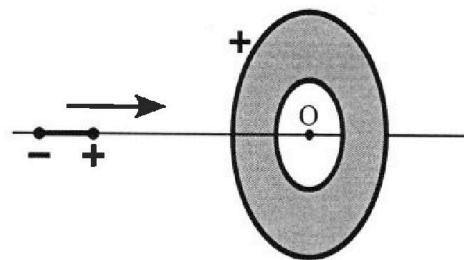
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-03**

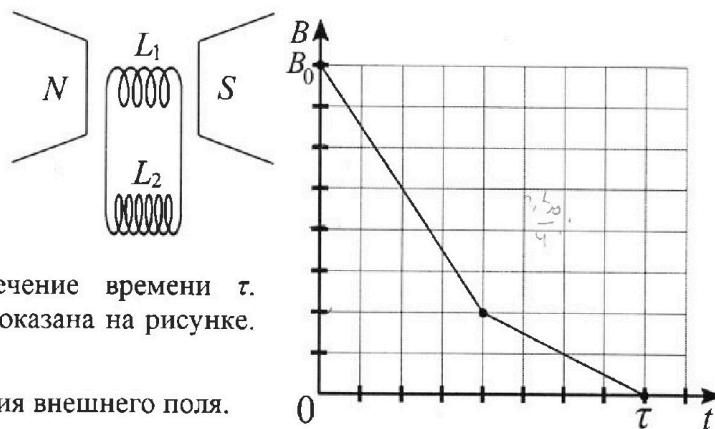
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна  $V_0$ . Диполю сообщают начальную скорость  $\frac{3}{2}V_0$ .



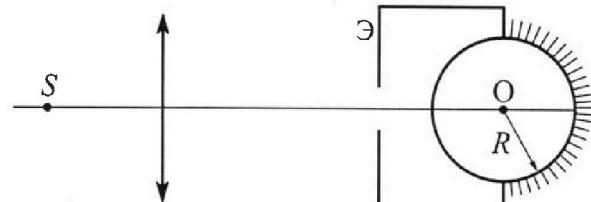
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью  $L_1 = L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 3L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку  $L_1$  за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположены центр  $O$  прозрачного шара и точечный источник  $S$ , удалённый от линзы на расстояние  $a = 1,1F$  (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран  $\mathcal{E}$  с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно  $b = 10,5F$ , то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус  $R$  шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на  $\Delta = 5,5F$ , изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



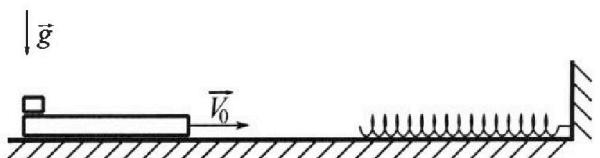
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-03



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. Длинная доска массой  $M = 2$  кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой  $m = 1$  кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью  $V_0 = 1$  м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости  $k = 36$  Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,3$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

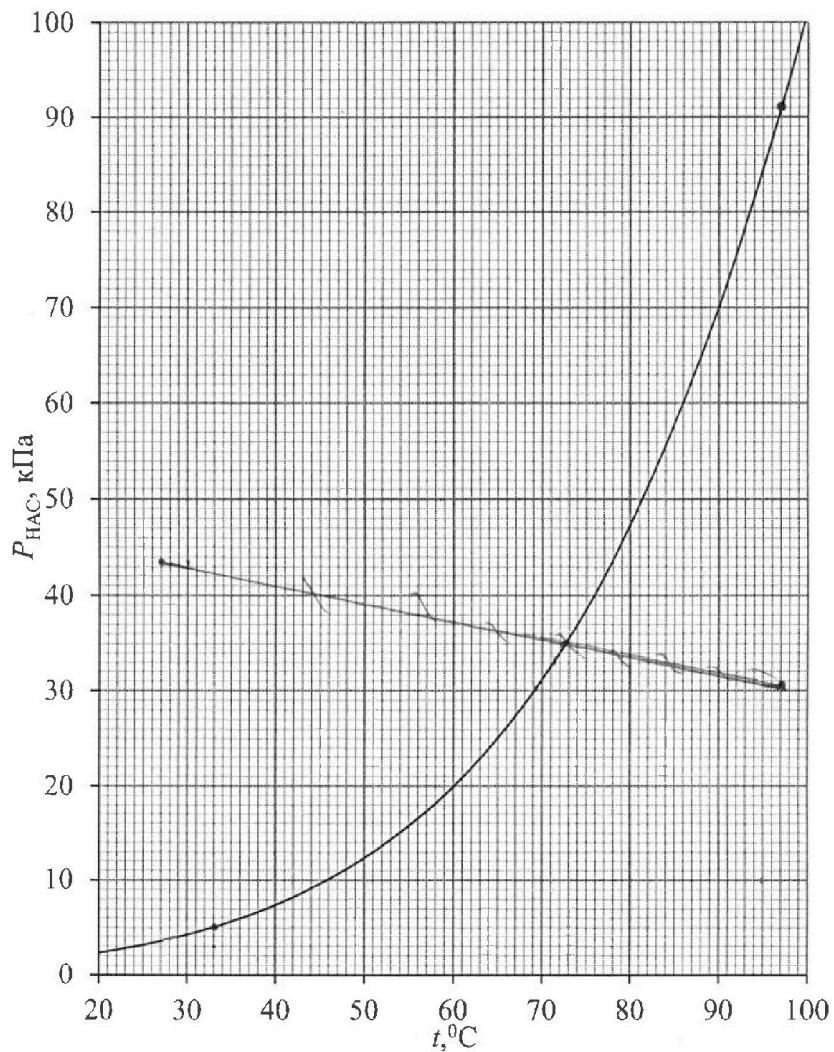


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении  $p_0 = 105$  кПа, температуре  $t_0 = 97$  °С и относительной влажности  $\phi_0 = 1/3$  (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры  $t = 33$  °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 97 °С.
- 2) Найти температуру  $t^*$ , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра  $V/V_0$  в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



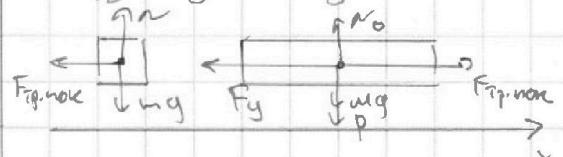
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$M=2\kappa_2, m=1\kappa_2 \\ \mathcal{V}_0=1\frac{\text{m}}{\text{s}}, k=36\frac{\text{N}}{\text{m}} \\ \mu=0,3, c_5=10\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ n=3$$

① Тело и доска движутся как единое целое:  $a_f = a_g = a$   

 Второй закон Ньютона  
 в проекции на ось x:

$x_0?$

$t_0?$

$a_{in}$ ?

$$F_{\text{пр.нап}} = \frac{kx_0}{m+n} \leq \mu mg$$

$$\textcircled{1} \quad \mathcal{V}_0 \text{ (1)}: \quad \ddot{x} = -\frac{kx}{m+n} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m+n}} \quad t - \text{от начала сжатия} \\ x \leq \frac{\mu(m+n)g}{k} \Rightarrow x_0 = \frac{\mu(m+n)g}{k} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{36} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м} \quad - \text{при } x > 0 \text{ начальное сжатие}$$

$$\ddot{x} = -\frac{kx}{m+n} \Rightarrow x(0) = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$x = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad \dot{x}(0) = \mathcal{V}_0 \Rightarrow B = \frac{\mathcal{V}_0}{\omega}$$

$$\ddot{x} = \frac{\mathcal{V}_0}{\omega} \sin \omega t \Rightarrow \ddot{x} = \mathcal{V}_0 \cos \omega t$$

$$\sin \omega t_0 = \frac{\omega x_0}{\mathcal{V}_0} \quad t_0 = \sqrt{\frac{k}{m+n}} \arcsin \left( \frac{\omega x_0}{\mathcal{V}_0} \right) = \sqrt{\frac{3}{36}} \arcsin \left( \frac{0,75}{1} \cdot \sqrt{\frac{36}{3}} \right)$$

$$t_0 = \frac{1}{\sqrt{n}} \arcsin \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\pi}{3\sqrt{12}} \approx \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ с} \quad \dot{x}(t_0) = \frac{\mathcal{V}_0}{2}$$

③ Точке максимума сжатия:

$$Max_x = \mu mg - kx$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} x = \frac{\mu mg}{m} \Rightarrow \Omega = \sqrt{\frac{k}{m+n}} \quad t - \text{время от начала сжатия}$$

$$\begin{cases} x = \frac{\mu mg}{k} + C \sin(\Omega t + \varphi_0), & x(0) = \frac{\mu(m+n)g}{k} - \frac{\mu mg}{k} = C \sin \varphi_0 \\ \dot{x} = C \Omega \cos(\Omega t + \varphi_0) & \dot{x}(0) = \frac{\mathcal{V}_0}{\sqrt{m+n}} \end{cases} \quad \frac{\mathcal{V}_0}{\sqrt{m+n}} = C \cos \varphi_0$$

$$C = \sqrt{\left(\frac{\mu mg}{k}\right)^2 + \left(\frac{\mathcal{V}_0}{\sqrt{m+n}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{36}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{36}} = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{1}{2 \cdot 36}} = \sqrt{\frac{3}{72}} = \sqrt{\frac{1}{24}} \text{ м}$$

$$\ddot{x} = -C \Omega^2 \sin(\Omega t + \varphi_0)$$

$$\text{Если } x = x_{\max}, \text{ то } \sin(\Omega t + \varphi_0) = 1 \Rightarrow \ddot{x} = -C \Omega^2$$

$$a_m = |\ddot{x}| = C \Omega^2 = \frac{1}{\sqrt{m+n}} C \frac{k}{m} = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \frac{36}{2} = \frac{9}{\sqrt{6}} = \frac{9\sqrt{6}}{6} = \frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Ответ: } 0,25 \text{ м}, \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ с}, \frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$P = 105 \text{ kPa}$  | Тогда по закону Давыдова:  $p_0 = p_{\text{пара}} + p_{\text{возд}}$ .

$t_0 = 94^\circ\text{C}$  | 1)  $p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(t_0) = \frac{1}{3} \cdot 91 = \frac{21}{3} \text{ kPa}$

$\varphi_0 = \frac{1}{3}$

$t = 33^\circ\text{C}$  | 2) Если пар еще не вышел насыщенным:

$P_1 - ?$   $\frac{p_{\text{пара}}V}{T} = \frac{p_1 V_0}{T_0}$   $\frac{p_{\text{возд}}V}{T} = \frac{V_0}{T_0} \cdot (p_0 - p_1) = 0,73 \text{ kPa}$  const

$t^* - ?$   $\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow p_{\text{пара}} = p_1 \Rightarrow p_1 = \varphi p_{\text{нас}}(T)$

$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow p_{\text{возд}} = p_0 - p_1 \quad p_{\text{нас}}(T) \downarrow \Rightarrow \varphi \uparrow$

Конденсация начнется, когда  $\varphi = 1$

$p_1 = p_{\text{нас}}(t^*) \Rightarrow p_{\text{нас}}(t^*) \approx 30,3 \text{ kPa}$

По графику:  $t^* \approx 71^\circ\text{C}$   $69^\circ\text{C}$

3) Однокомпонентный газовый закон для воздуха:

$$(p_0 - p_1) V_0 = (p_0 - p_{\text{нас}}(t)) V \quad p_{\text{нас}}(t) \approx 5 \text{ kPa}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(p_0 - p_1) T}{(p_0 - p_{\text{нас}}(t)) T_0} = \frac{105 - \frac{21}{3}}{105 - 5} \cdot \frac{306}{370} = \frac{224 \cdot 306}{300 \cdot 370}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 14 \cdot 3}{3 \cdot 125 \cdot 37} = \frac{5656}{375 \cdot 37} = \frac{952}{13625} = \frac{2856}{4625}$$

Ответ:  $p_1 = \frac{21}{3} \text{ kPa} (\approx 30,33 \text{ kPa})$ ,  $t^* = 71^\circ\text{C}$ ,  $\frac{V}{V_0} = \frac{2856}{4625}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.











СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} U_{\min} &= 2U_0 \\ 2U_0 &= \frac{3U_0}{2} \\ U_c - ? &= ? \\ \frac{U_{\max}}{U_{\min}} &= ? \end{aligned}$$

$$dW_{p+} = kq dQ \frac{-q}{r} dr$$

$$dW_{p-} = -kq dQ \frac{q}{r} dr$$

$$3CJ: \frac{mU_0^2}{2} = mU_c^2 + 0$$

$$U_c = U_1 = \frac{3U_0}{2}$$

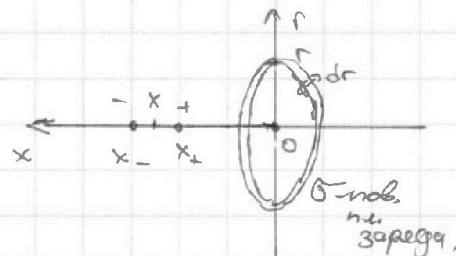
$$2) 3CJ: \frac{mU_1^2}{2} = mU_{\max}^2 + W_{\min}$$

$$\frac{mU_1^2}{2} = mU_{\min}^2 + W_{\max}$$

$$\frac{mU_0^2}{2} = 0 + W_{\max} \Rightarrow W_{\max} = \frac{mU_0^2}{2}$$

Энергия взаимодействия заряда  $+q$  с любым точечным элементом колеса противоположна энергии взаимодействия  $-q$  с этим же элементом

Планка Энергия взаимодействия равна 0



Пусть центр диска расположен на расстоянии  $|x|$  от О

$r_1, r_2$  ( $r_2 > r_1$ ) — радиусы внешнего и внутреннего кругов.

Энергия взаимодействия  $+q$  с колесом:

$$W_p+ = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\pi r dr \cdot 0 \cdot q}{\sqrt{x_+^2 + r^2}} = \frac{0q}{2\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{2\pi dr}{x_+^2 + r^2} = \frac{0q}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + x_+^2} - \sqrt{r_1^2 + x_+^2} \right)$$

$$\text{Аналогично } W_{p-} = -\frac{0q}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + x_-^2} - \sqrt{r_1^2 + x_-^2} \right)$$

$$W_p = \frac{0q}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + (x + \frac{L}{2})^2} - \sqrt{r_1^2 + (x + \frac{L}{2})^2} - \sqrt{r_2^2 + (x - \frac{L}{2})^2} + \sqrt{r_1^2 + (x - \frac{L}{2})^2} \right)$$

Заметим, что  $W(x) = -W(-x)$

Если  $W(x_0) = W_{\max}$ , то  $W(-x_0) = -W_{\max}$

$W(x_0') = W_{\min}$ , то  $W(-x_0') = -W_{\min}$

Пусть  $W(x_0) = W_{\max}$  — без ограничения общности, пусть это максимальные

Тогда  $W(-x_0) = -W_{\max}$  по модулю энергии (иначе берём  $W(x) = W_{\min}$ )

$$W_{\max} = -W_{\min}$$

$$W_{\min} = -\frac{mU_0^2}{2}$$

Тогда:

$$9mU_0^2 = \frac{mU_0^2}{2} + \frac{mU_{\max}^2}{2} \Rightarrow 9U_{\max}^2 = \frac{9U_0^2}{4} + U_0^2 = \frac{13U_0^2}{4}$$

$$\frac{9mU_0^2}{8} = \frac{mU_0^2}{2} + \frac{mU_{\min}^2}{2} \Rightarrow U_{\min}^2 = \frac{9U_0^2}{4} - U_0^2 = \frac{5U_0^2}{4} \Rightarrow \frac{U_{\min}}{U_{\max}} = \sqrt{\frac{5}{13}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{9U_0}{2}, \sqrt{\frac{13}{5}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

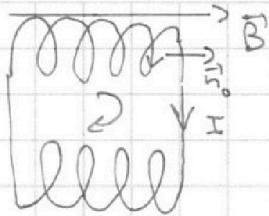
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$L_1 = L, L_2 = 3L \quad B = B_0 - \frac{3B_0}{2\tau}t \quad \text{при } t \in [0; \frac{\tau}{2}]$$

$S_1, h, B_0, \tau$

$I_0 - ?$

q - ?



1) Второе правило Фаркаса:

$$\sum E_{Si_1} + \sum E_{Si_2} + \sum E_{Si_3} = 0$$

$$-L \frac{dI}{dt} - 3L \frac{dI}{dt} - nS_1 \frac{dB}{dt} = 0$$

$$\int_0^{\tau} 4L \frac{dI}{dt} = -nS_1 \int_0^{\tau} dB$$

$$\int_0^{\tau} 4L dI = -nS_1 \int_0^{\tau} dB \Rightarrow 4LI_0 = nS_1 B_0$$

$$2) 4L \frac{dI}{dt} = -nS_1 \frac{dB}{dt} \quad I_0 = \frac{nS_1 B_0}{4L}$$

$$① t \in [0; \frac{\tau}{2}] \Rightarrow \frac{dB}{dt} = -\frac{3B_0}{2\tau}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{3nS_1 B_0}{8LT}$$

$$I_1(t) = I_1(0) + \frac{3nS_1 B_0}{8LT} t \Rightarrow q_1 = \int_0^{\frac{\tau}{2}} I_1(t) dt = \frac{3nS_1 B_0}{8LT} \cdot \frac{\tau^2}{8} = \frac{3nS_1 B_0 \tau^2}{16LT}$$

$$② t \in [\frac{\tau}{2}; \tau] \Rightarrow \frac{dB}{dt} = -\frac{B_0}{2\tau}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{nS_1 B_0}{8LT} = I_1(\frac{\tau}{2}) = \frac{3nS_1 B_0}{16L}$$

$$I_2(t) = I_2(\frac{\tau}{2}) + \frac{nS_1 B_0}{8LT} (t - \frac{\tau}{2}) = \frac{2nS_1 B_0}{16LT} + \frac{nS_1 B_0 t}{8LT}$$

$$q_2 = \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} I_2(t) dt = \frac{2nS_1 B_0}{8LT} \left( \tau - \frac{\tau}{2} \right) + \frac{nS_1 B_0}{8LT} \left( \tau^2 - \frac{\tau^2}{4} \right)$$

$$q_2 = \frac{nS_1 B_0 \tau}{16L} + \frac{3nS_1 B_0 \tau^2}{64L} = \frac{7nS_1 B_0 \tau}{64L}$$

$$q = q_1 + q_2 = \frac{10nS_1 B_0 \tau^2}{64L} = \frac{5nS_1 B_0 \tau}{32L}$$

$$\text{Ответ: } \frac{nS_1 B_0}{4L}, \frac{5nS_1 B_0 \tau}{32L}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} a &= 11F \\ b &= 10,5F \\ \Delta &= 5,5F \\ R_m &=? \end{aligned}$$

Изображение  $S'$  в  $S$  выше расположено на расстоянии  $f$  от линии:

$$\frac{l}{F} = \frac{l}{a} + \frac{l}{f} \Rightarrow f = \frac{Fa}{a-F} = \frac{11F}{0,1} = 110F$$

+ лучи возвращаются в  $S \Rightarrow$  после преломления и отражения в зеркале попадают в  $S'$  (или  $S'$  лежит на их продолжении)

1) Не зависит от  $n \Rightarrow$  пусть  $n=1$

Все лучи, испущенные из  $S'$ , после отражения возвращаются в  $S' \Rightarrow S'$  - центр  $O$  шара  
 $R = 0,5F$



Действительно, при любых  $n$  лучи попадают на границу раздела радиально  
не преломляясь  $\Rightarrow$  изображением  $S'$  в шаре будет  $S'$

2) Угл возвращается в  $S'$

$\angle$ -угол преломления  $\Rightarrow$  угол падения равен  
(с учётом зёна  $\alpha$ )

Из геометрических соображений:

$$h = 2d - 0,5F$$

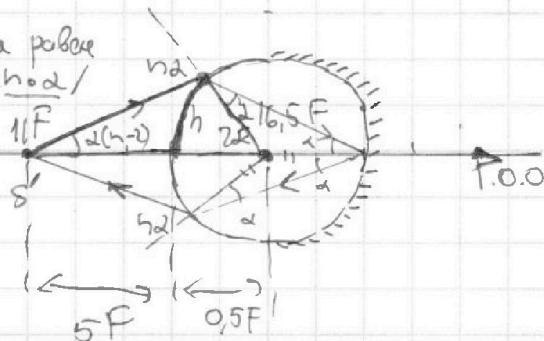
$$2h \approx d(2n-2) \cdot 5F$$

$$2d \cdot 0,5F = 2(h-2) \cdot 5F$$

$$0,2 = h-2$$

$$h = 2,2$$

Ответ:  $0,5F; 2,2$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1 2 3 4 5 6 7

11 F 16,5 F

11 F 16,5 F

20 n<sub>2</sub> = 44

n =  $\frac{44}{20} = \frac{22}{10} = 2,2$

Ф<sub>динам</sub> =  $\frac{G}{2\varepsilon_0} \left( r_2 \left( 1 + \frac{x^2}{2r_2^2} \right) - r_1 \left( 1 + \frac{x^2}{2r_1^2} \right) \right)$

$\frac{G}{2\varepsilon_0} = \frac{G}{2\varepsilon_0} \left( r_2 - r_1 + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \right) - \frac{(r_2 - r_1) G}{2\varepsilon_0} \left( 1 + \frac{x^2}{2r_2^2} \right)$

306

$\frac{mD_0^2}{2} = \omega \left( \frac{L}{2} \right)$

$\frac{2mD_0^2}{3} = \omega \left( \frac{L}{2} \right) + \frac{mD_{\max}^2}{2}$

$\frac{2mD_0^2}{3} = \omega \left( \frac{L}{2} \right) + \omega \frac{-\left( \frac{L}{2} \right)^2 - L + \left( \frac{L}{2} \right)^2}{2r_1r_2} - \frac{mD_0^2}{2} = \cancel{\omega}$

224

4.56

8.32.7

34

Ф<sub>динам</sub> = (r<sub>2</sub> - r<sub>1</sub>)

$\omega_p = \frac{(r_2 - r_1) \pi q}{2\varepsilon_0 \cdot 2r_1r_2} - 2x \cdot \omega = \frac{(r_2 - r_1) \pi q \times L}{2\varepsilon_0 \pi r_2}$

$\omega_p = \frac{qG}{2\varepsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + (x + \xi)^2} - \sqrt{r_1^2 + (x + \xi)^2} \right) - \frac{qG}{2\varepsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + (x + \xi)^2} - L \right)$

32.7.  $\omega_p \left( -\frac{L}{2} \right) =$

$\frac{56}{392} + \frac{56}{552}$

$\frac{53}{375} + \frac{37}{2625}$

$\frac{112}{1325}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Diagram of two concentric loops with radii  $r_1$  and  $r_2$ , separated by a distance  $x$ . A point charge  $q$  is located at  $(x, 0)$ .

$$dE = \frac{k\sigma \cdot 2\pi r dr}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{x}{r}$$

$$E_x = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{x}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{2\pi r dr}{r} = \frac{q}{2\epsilon_0} \left( \frac{1}{\sqrt{r^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{r_1^2 + x^2}} \right)$$

$$\Phi = 2k\sigma \cdot \pi \cdot \left( \sqrt{r_2^2 + x^2} - \sqrt{r_1^2 + x^2} \right)$$

$$W_C = q \cdot \frac{2k\sigma}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + x^2} - \sqrt{r_1^2 + x^2} \right) - q \cdot \dots = 0$$

$$1) \frac{W_C}{2} = 0 \quad \therefore W_C = q \cdot \frac{2k\sigma}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + (x - \frac{l}{2})^2} - \sqrt{r_1^2 + (x - \frac{l}{2})^2} \right)$$

$$2) \frac{W_C}{2} = \frac{W_C}{2} + W_C \quad \therefore W_C = q \cdot \frac{2k\sigma}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{r_2^2 + (x + \frac{l}{2})^2} - \sqrt{r_1^2 + (x + \frac{l}{2})^2} \right)$$

$$W_C = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \left( \frac{(x - \frac{l}{2})^2}{2r_2^2} - \frac{(x - \frac{l}{2})^2}{2r_1^2} \right) = \frac{2(x - \frac{l}{2})}{\sqrt{r_2^2 + (x - \frac{l}{2})^2}} - \frac{(x + \frac{l}{2})}{\sqrt{r_1^2 + (x + \frac{l}{2})^2}} + \frac{(x + \frac{l}{2})}{\sqrt{r_2^2 + (x + \frac{l}{2})^2}} = 0$$

$$= \frac{(x - \frac{l}{2})(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}) - (x + \frac{l}{2})(\frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_1^2})}{\sqrt{r_2^2 + (x - \frac{l}{2})^2} \sqrt{r_1^2 + (x + \frac{l}{2})^2}}$$

$$E_x = \frac{q}{2\epsilon_0} \sqrt{r_2^2 + (x - \frac{l}{2})^2} - \frac{q}{2\epsilon_0} \sqrt{r_1^2 + (x + \frac{l}{2})^2}$$

$$U_{max}, U_{min} \Rightarrow F_+ = F_-$$

$$F_x = \frac{q}{2\epsilon_0} \left( \frac{1}{\sqrt{r_1^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{r_2^2 + x^2}} \right)$$

$$Q = \frac{P}{4\pi\epsilon_0} \quad x = \frac{P}{n} + C \sin \Omega t + D \cos \Omega t \quad = -\frac{l}{2} \quad \sin \varphi = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi}{3} = \frac{\pi}{3}$$

$$C = \frac{P}{2\pi\epsilon_0} + \frac{D}{2\Omega} \quad \frac{P}{4\pi\epsilon_0} = C \sin \varphi + D \cos \varphi = \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{2} \sin \varphi$$

$$= \sqrt{\frac{0.3 \cdot 2 \cdot 10^2}{36} + \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{2}{4}} = \frac{7}{4} \quad \frac{P}{4\pi\epsilon_0} = C \Omega \cos \varphi$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$P_0 = P_B + P_1 \quad \varphi = \frac{1}{3} \quad P_1 = P_0 \cdot \varphi(T_0) = \frac{1}{3} \cdot 91 = 30 \frac{1}{3} \text{ кПа}$$

$$(P_0, T_0, \varphi)$$

$$P = \text{const}$$

$$P_B + P_h = P_0$$

$$P_B = P_0 \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$P_h = P_0 - \frac{P_{B0}}{T_0} T \quad T \downarrow \Rightarrow P_h \uparrow$$

$$P_h = \frac{91}{3} \text{ кПа}$$

$$\frac{P_{B0}}{T_0} = \frac{P_B}{T} \Rightarrow P_B = \frac{P_{B0}}{T_0} T$$

$$P_{h,n} = P_0 - \frac{P_{B0}}{T_0} T$$

$$P_{h,n} = \frac{P_0 V}{T_0} = \frac{P_0}{T_0} V_0$$

$$P(T) V =$$

$$\frac{P_{B0} V_0}{T_0} =$$

До конденсации:  $\frac{P_{B0} V_0}{T_0} = P_B \frac{V}{T} \Rightarrow \frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T} \Rightarrow V = \frac{V_0 T}{T_0}$

$$\varphi P(T) = P_0 - \frac{P_{B0} V_0}{T_0} = P_0 - P_B \frac{V_0}{T_0}$$

$$\text{Конденсация при } P(T) = P_0 - P_{B0} = P_1 = 30,35 \text{ кПа}$$

$$P_{B0} V_0 \Rightarrow P_B = P_{B0} \frac{V_0}{T_0} T \quad P_{h,n}(T) = P_0 - P_B \quad P = 25 \text{ кПа}$$

$$P_0 - P_{h,n}(T) = \frac{(P_0 - P_1) V_0}{T_0} T \quad \frac{V}{V_0} = \frac{(P_0 - P_1) T}{(P_0 - P_{h,n}(T)) T_0}$$

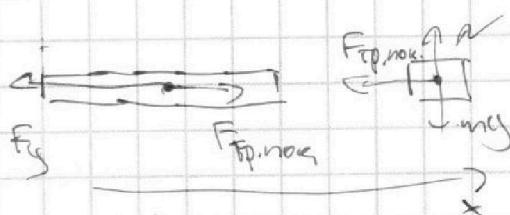
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$m\ddot{x} = -F_{\text{тр.нок.}}$$

$$m\ddot{x}_{\max} = F_{\text{тр.нок.}} - \mu k x$$

$$(\ddot{x}_x = -\frac{kx}{m+\mu k})$$

$$F_{\text{тр.нок.}} = \frac{\mu k x}{m+\mu k} \leq \mu m g$$

$$\mu k x \leq \mu (m + \mu k) g$$

$$x \leq \frac{\mu (m + \mu k) g}{k}$$

$$x_0 = \frac{\mu (m + \mu k) g}{k} = 0,3 \cdot 3 \cdot 10 = 0,9 \text{ м}$$

$$\ddot{x} + \frac{kx}{m+\mu k} = 0$$

$$x = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

$$x(0) = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$x = \frac{B \omega}{\omega} \sin \omega t$$

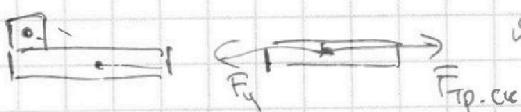
$$v_x = B \omega \cos \omega t$$

$$B \omega = v_0 \Rightarrow B = \frac{v_0}{\omega}$$

$$\mu (m + \mu k) g = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t \quad \sin \omega t = \frac{\mu (m + \mu k) g}{k v_0} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10 \cdot \sqrt{2}}{36 \cdot 1} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{3}$$

$$t = \frac{\pi}{3\omega} = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{m+\mu k}{\mu k}} = \sqrt{\frac{\pi}{12}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \sqrt{m+\mu k}$$



$$m\ddot{x} = F_{\text{тр.сж.}} - kx - \mu m g$$

$$\ddot{x} + \frac{kx}{m+\mu k} = \frac{\mu m g}{m+\mu k}$$

$$(x = \mu m g + C \sin \Omega t + D \cos \Omega t)$$

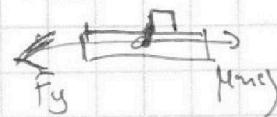
$$v_x = \Omega C \cos \Omega t - \Omega D \sin \Omega t$$

$$\ddot{x} = \Omega^2 C \cos \Omega t - \Omega^2 D \sin \Omega t = -kx + \mu m g$$

$$(x + \frac{e}{2}) \frac{1}{4} \sqrt{12} \frac{1}{2\sqrt{3}} = -\Omega^2 C \sin \Omega t - \Omega^2 D \cos \Omega t$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\sin \Omega$$



$$m\ddot{x} = -kx + \mu m g$$